

CARACTERIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA MARINA DESALINIZADA PARA RIEGO EN EL SURESTE ESPAÑOL

Martínez-Alvarez, V.(1)(P), Maestre-Valero, J.F.(1), Martín-Gorriz, B.(1), Gallego Elvira, B.(1)

1 Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena, España. Victoriano.martinez@upct.es

Resumen

La actual escasez de recursos hídricos en las regiones áridas y semiáridas del sureste español ha impulsado la utilización de fuentes no convencionales, como la reutilización de aguas regeneradas y la desalinización de agua marina, especialmente en la agricultura de regadío. Como consecuencia, en esta región se está utilizando para riego agrícola casi el 100% del volumen de agua regenerada ($105 \text{ hm}^3/\text{año}$), así como cerca de $180 \text{ hm}^3/\text{año}$ de Agua Marina Desalinizada (AMD).

Este trabajo describe la situación del suministro de AMD para riego en el sureste español, una región donde hasta el momento ha tenido un gran desarrollo. Se analizan en primer lugar los factores que justifican esta nueva alternativa de suministro hídrico para el regadío como estrategia para garantizar la producción de alimentos y el desarrollo socioeconómico regional. A continuación, se abordan cuestiones clave para analizar la sostenibilidad ambiental y económica del suministro de AMD en el medio y largo plazo, como son el consumo energético asociado a su producción y distribución, los costes asociados, y el precio final que tienen que asumir los agricultores.

1- Introducción

La agricultura se enfrenta al reto de abastecer de alimentos a una población en continuo crecimiento. Se espera un crecimiento de la población mundial de más de 2.000 millones de personas para 2050, por lo que se requerirá aumentar la superficie de agricultura de regadío en 32 millones de hectáreas para garantizar un incremento de la producción mundial de alimentos del 70%, ya que el consumo de alimentos per cápita también está aumentando. Bajo estas circunstancias, se estima que será necesario incrementar el consumo de recursos hídricos para desarrollar la agricultura de regadío en un 11%, también para el año 2050 (FAO, 2009). Simultáneamente, los recursos hídricos se están volviendo más escasos debido al desarrollo industrial y el incremento sostenido de la calidad de vida. Además, se espera que este desfavorable escenario se intensifique por el efecto negativo del cambio climático sobre los recursos hídricos en los climas áridos y semiáridos. Como consecuencia, la presión sobre los recursos hídricos es cada vez más intensa, dando lugar a desequilibrios entre los recursos renovables y las demandas totales, lo que pone en peligro el futuro de la agricultura de regadío y su resiliencia al tratarse de un uso no preferencial.

A escala global, la agricultura lidera la demanda de agua con el 70%, mientras que el uso industrial y doméstico utiliza el 30% restante. La importancia del uso agrícola de agua es aún mayor en regiones áridas y semiáridas con una agricultura altamente tecnificada, donde se pueden alcanzar cifras por encima del 85%, como sucede en el sureste español e Israel. La intensificación de la escasez hídrica representa un riesgo para el papel de la agricultura de regadío en la seguridad alimentaria global a medio y largo plazo, asociado a la

imposibilidad de satisfacer las demandas de agua para riego mediante la utilización de recursos hídricos convencionales en el futuro. Por lo tanto, son necesarias nuevas soluciones para mantener o mejorar una producción agrícola sostenible, incluyendo nuevas o alternativas fuentes de agua, estrategias innovadoras para la conservación de los recursos hídricos, o sistemas de riego más eficientes y productivos. En este contexto, un planteamiento tecnológico interesante es incrementar el uso de los recursos hídricos no convencionales para garantizar la seguridad alimentaria y la estabilidad socioeconómica de muchos territorios a largo plazo. Mientras la disponibilidad de agua regenerada o la desalación de aguas salobres están normalmente limitadas por la producción de aguas residuales urbanas y la sobreexplotación de los acuíferos, el Agua Marina Desalinizada (AMD) puede ser un recurso abundante y constante capaz de sustentar la producción agrícola y eliminar los riesgos climáticos e hidrológicos asociados al cambio climático. Además, la sustitución de los recursos hídricos sobreexplotados con agua desalinizada también ofrece nuevas oportunidades para abordar problemas ambientales y para desarrollar políticas hídricas más sostenibles.

Mientras la producción mundial de AMD para uso doméstico ha crecido continuamente durante las últimas décadas, su uso agrario ha sido escasamente considerado. Sin embargo, esta situación está cambiando como resultado de: (1) la creciente presión sobre los recursos hídricos renovables anteriormente mencionada; (2) la ausencia de otras soluciones viables en regiones áridas y semiáridas costeras; y (3) la continua mejora tecnológica y la consecuente disminución del coste de producción, por lo que su aplicación se está extendiendo más allá del uso doméstico. De esta forma, la desalinización de agua marina ha emergido en España e Israel en la última década como una opción posible para la agricultura de regadío, y su desarrollo está siendo considerado en otros estados como Egipto, Arabia Saudí, Australia o California (Martínez Alvarez et al., 2016). Por tanto, el AMD desempeña cada vez un papel más relevante como un posible suministro alternativo para el riego de cultivos y se espera que esta tendencia se intensifique en el futuro.

Este trabajo describe la situación del suministro de AMD para riego en el sureste español, una región donde hasta el momento ha tenido un gran desarrollo. Se analizan en primer lugar los factores que justifican esta nueva alternativa de suministro hídrico para el regadío como estrategia para garantizar la producción de alimentos y el desarrollo socioeconómico regional. A continuación, se abordan cuestiones clave para analizar la sostenibilidad ambiental y económica del suministro de AMD en el medio y largo plazo, como son el consumo energético asociado a su producción y distribución, los costes asociados, y el precio final que tienen que asumir los agricultores.

2- Metodología

Con el fin de conocer mejor las particularidades de la producción y suministro de AMD al regadío del sureste español, durante los últimos meses del año 2017 y comienzos del año 2018 se visitaron gran parte de las Instalaciones Desaladoras de Agua de Mar (IDAMs) que suministran agua para riego en las demarcaciones hidrográficas del Segura (DHS) y de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (CMA). Durante estas visitas, además de entrevistar a los técnicos que operan las plantas y el suministro a las comunidades de regantes, se solicitó información técnica mediante una encuesta sobre los siguientes aspectos: (1) identificación y características técnicas de la planta, (2) características del agua bruta, (3) datos de diseño y explotación, (4) características del agua producto, (5) destino del agua desalinizada, (6) datos históricos de producción, (7) coste de producción y precio de suministro, y (8) características del sistema de impulsión, transporte y distribución para uso agrícola. Para completar la información, también se realizaron entrevistas a los técnicos de las comunidades de regantes abastecidas con AMD.

Estas actividades tuvieron lugar en el marco de dos proyectos de investigación, el proyecto LIFE DESEACROP (Desalinated Seawater for alternative and sustainable soilless crop production) y el proyecto Retos Sociedad RIDESOST (Sostenibilidad agro-fisiológica, ambiental y económica del riego con agua marina desalinizada en cítricos y sistemas hidropónicos cerrados). La información recogida en este trabajo procede principalmente de estas visitas y encuestas, aunque en los casos en que no se obtuvo respuesta también se ha recurrido a otras fuentes de información secundarias, como las memorias anuales de las empresas propietarias o información en prensa.

3- Suministro agrícola de AMD en la cuenca del Segura y en Almería

Actualmente abastecen al regadío del sureste de España nueve Instalaciones Desaladoras de Agua Marina (IDAMs) de propiedad estatal o privada, localizadas en las provincias de Alicante, Murcia y Almería. La Fig. 1 recoge la ubicación de estas plantas y el volumen de agua suministrado a la agricultura desde cada una de ellas en el año 2017.



Figura 1. Suministro de AMD a la agricultura desde IDAMs en el año 2017.

Las IDAMs de Torrevieja, Valdelentisco, Águilas-Guadalestín, Carboneras y Campo de Dalías son gestionadas por la empresa pública ACUAMED, mientras que la planta de Escombreras pertenece a la empresa Hydro Management S.L. (filial de ACS) y las plantas de Virgen de los Milagros, La Marina y Águilas a distintas comunidades de regantes. Además, existen dos plantas construidas cuya finalidad principal también es el suministro agrícola (Bajo Almanzora y Rambla Morales), que no se encuentran operativas por distintos motivos técnicos o administrativos.

3.1- Demarcación Hidrográfica del Segura

La Tabla 1 muestra las IDAMs que suministran AMD para el riego agrícola en la demarcación hidrográfica del Segura junto con algunas de sus características como la titularidad, el año de puesta en marcha, los usos a que se dedica su producción, la capacidad máxima de producción y la superficie de regadío a la que suministran.

Si se analiza la evolución del suministro agrícola a lo largo del tiempo (Fig. 2), se observa como en la década 2000-2010 el suministro pasa desde los 10 a los 20 hm³/año, estando el crecimiento relacionado con las IDAMs privadas propiedad de comunidades de regantes. Sin embargo, durante el periodo 2010-2020 la producción se multiplica por siete,

principalmente debido a la puesta en marcha de forma progresiva de las IDAMs públicas. En el año 2017 la producción de AMD para riego fue de 148 hm³, representando una magnitud superior a la de la reutilización de aguas residuales regeneradas, que fue de 135 hm³. Esta tendencia de crecimiento en el suministro se ha ralentizado en 2017, no a causa de un decaimiento de la demanda agrícola, sino por la necesidad de algunas plantas de dedicar una parte importante de su producción a garantizar los abastecimientos urbanos ante la intensa situación de sequía. Así, aunque algunas plantas incrementaron el suministro agrícola en 2017 (Águilas y Escombreras), otras lo disminuyeron ligeramente (Valdelentisco y Torrevieja). La situación de competencia por el AMD ha llevado a distintas asociaciones de agricultores a proponer incluso la construcción de nuevas plantas privadas para uso exclusivamente agrícola.

Tabla 1. IDAMs que suministran AMD para el riego agrícola en la cuenca del Segura.

IDAM	Titularidad y Propietario	Puesta en marcha	Uso	Capacidad (hm ³)	Superf. (ha)
Valdelentisco	Pública ACUAMED	2008	Agrícola y doméstico	48	21.340
Águilas-Guadalentín	Pública ACUAMED	2013	Agrícola y doméstico	70	30.751
Torrevieja	Pública ACUAMED	2015	Agrícola y doméstico	80	42.319
Escombreras	Privada Hydromanagement (ACS)	2009	Agrícola	21	15.352
Virgen del Milagro	Privada CR Mazarrón	1995	Agrícola	12	3.595
CR Águilas	Privada CR Águilas	2003	Agrícola	8	5.524
CR La Marina	Privada CR La Marina (Águilas)	2006	Agrícola	5	1.200

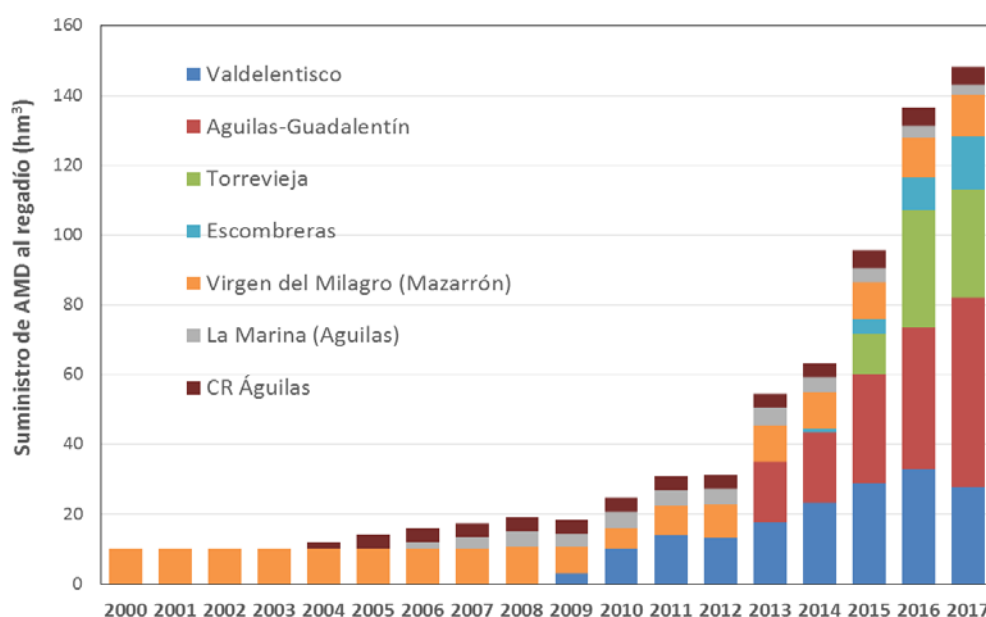


Figura 2. Evolución del suministro a la agricultura desde IDAMs en la cuenca del Segura.

3.2- Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas

La Tabla 2 muestra las IDAMs que suministran AMD para el riego agrícola en la DHCMA, junto con algunas de sus características. Almería cuenta con dos IDAMs que pueden contribuir notablemente a disminuir el déficit hídrico de la zona y a recuperar acuíferos, Carboneras y Campo de Dalías, abasteciendo cada una de ellas a las dos principales comarcas agrícolas de la zona, Campo de Níjar y Campo de Dalías.

Tabla 2. IDAMs que suministran AMD para el riego agrícola en la cuenca del Segura.

IDAM	Titularidad y Propietario	Puesta en marcha	Uso	Capacidad (hm ³)	Superf. (ha)
Carboneras	Pública (ACUAMED)	2005	Agrícola y doméstico	48	18.500
Campo de Dalías	Pública (ACUAMED)	2016	Agrícola y doméstico	30	8.000
Bajo Almanzora*	Pública (ACUAMED)	-	Agrícola y doméstico	20	-
Rambla Morales**	Privada CR Rambla Morales	-	Agrícola	21	3.300

* No operativa al ser gravemente dañada por la riada del 28 de septiembre de 2012, en pleno periodo de puesta en marcha, permaneciendo desde entonces fuera de servicio.

** No operativa por el conflicto generado por la deuda que mantienen los propietarios, los propios regantes CR Rambla Morales, con una institución financiera.

Si se analiza la evolución del suministro agrícola a lo largo del tiempo (Fig. 3), se observa como ha habido una fuerte activación del suministro a partir del año 2015, con un mayor aporte de Carboneras y la puesta en marcha de Campo de Dalías, coincidiendo con el inicio del último periodo de sequía (2015-2017).

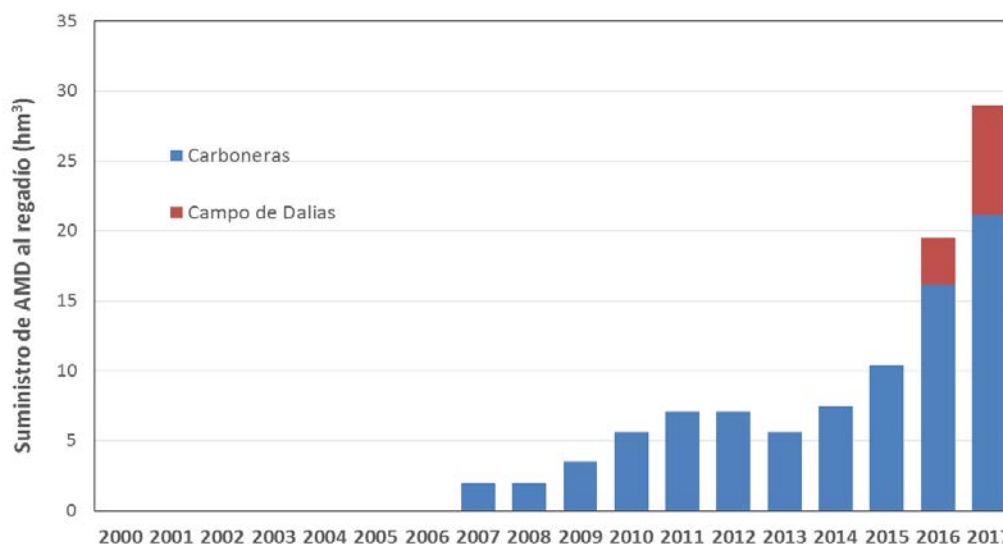


Figura 3. Evolución del suministro a la agricultura desde IDAMs en la cuenca del Segura.

Indicar se está desarrollando la interconexión de las IDAMs de Carboneras y Bajo Almanzora para optimizar su funcionamiento.

4- Consumo energético en la producción y suministro

La demanda de energía en los procesos de desalinización por osmosis inversa es una cuestión clave a la hora de planificar el suministro de AMD a la agricultura. La osmosis inversa es actualmente el proceso de desalinización más eficiente (Burn et al., 2015), pero aun así se caracteriza por sus altos requerimientos de energía, superando notablemente los consumos de energía específicos en comparación con el resto de suministros al regadío.

El consumo específico de energía para desalinización mediante osmosis inversa en las instalaciones más modernas se sitúa entre 1,8 y 2,2 kWh/m³ (el bastidor más eficiente de ACUAMED consume 2,1 kWh/m³ y se localiza en la IDAM de Carboneras, donde se están evaluando membranas más eficientes). Sin embargo, este valor es sensiblemente mayor en las IDAMs operativas debido a los consumos en las etapas de pretratamiento y postratamientos (Elimelech y Phillip, 2011). Además, el AMD para uso agrícola puede presentar consumos específicos superiores a la del uso doméstico debido a la necesidad de controlar más intensamente la concentración de iones que pueden producir fitotoxicidad como el boro o el cloro, lo que puede requerir un segundo paso de osmosis inversa y mayores consumos específicos de energía. La Tabla 3 muestra el consumo específico de energía específica de las IDAMs que suministran AMD para riego en el sureste español, que varía entre 2,77 y 4,10 kWh/m³. Esta variación se debe a distintos factores técnicos, como la salinidad del agua bruta, la calidad deseada en el agua producto, la capacidad de la planta, los sistemas de recuperación de energía o el tipo de membrana utilizada (Al-karaghoulí y Kazmerski, 2013).

Tabla 3. IDAMs que suministran AMD para el riego agrícola en la cuenca del Segura.

IDAM	Puesta en marcha	Consumo específico (kW/m ³)		
		Producción	Distribución	Total
Valdelentisco	2008	3,58	0,94	4,52
Águilas-Guadalentín	2013	3,22	1,04	4,26
Torre vieja	2015	2,77	0,56	3,33
Escombreras	2009	3,75	0,83	4,58
Virgen del Milagro	1995	3,06	1,00	4,06
CR Águilas	2003	-	-	-
CR La Marina	2006	3,60	0,50	4,10
Carboneras	2005	4,0	0,84	4,84
Campo de Dalías	2016	3,62	1,13	4,75

Además de la energía específica requerida para la producción del AMD, el transporte y distribución subsecuente hasta las comunidades de regantes implica nuevos consumos de energía en las impulsiones, que en el caso de las IDAMs analizadas en el sureste español oscilan entre 0,50 y 1,13 kWh/m³ en función de los desniveles altimétricos a salvar y las distancias a recorrer, resultando en un consumo en producción más distribución entre 3,33 y 4,94 kWh/m³. Finalmente, el AMD debe ser gestionada en las comunidades de regantes y aplicada en parcela por los agricultores, lo que requiere un consumo de energía adicional que en el caso del sureste español se estima en 0,16 y 0,17 kWh/m³ respectivamente (Soto-García et al., 2013).

El consumo de energía específica característico actualmente de las diferentes fuentes de suministro de agua para riego ha sido estimado por Martín-Gorri et al. (2014), siendo 0,06 kWh/m³ para agua superficial, 0,48 kWh/m³ para agua subterránea, 0,72 kWh/m³ para el agua regenerada, 1,21 kWh/m³ para la desalinización de agua salobre y 0,095 kWh/m³ para los suministros del trasvase Tajo-Segura. Por lo tanto, el elevado consumo energético de la producción de AMD (entre 3,33 y 4,94 kWh/m³) sigue siendo el

principal factor limitante para su incorporación al riego agrícola, ya que la sustitución de recursos hídricos convencionales por AMD incrementa considerablemente el consumo de energía asociada a la producción agrícola, lo que repercute tanto en la economía del cultivo como en un incremento notable de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la actividad agrícola (Martínez Álvarez et al, 2017).

5- Costes y precio del AMD en el regadío

La principal limitación para el uso generalizado del AMD en la agricultura del sureste español es el elevado precio final del recurso. El coste total de producción se puede dividir en (a) los costes del capital o inversión necesaria para la puesta en marcha de la instalación (adquisición de terrenos, construcción, instalaciones de captación y suministro, emisarios marinos, cotes financieros, etc.), y (b) los costes de operación y mantenimiento (consumo eléctrico, aditivos, mano de obra, mantenimiento, etc.) necesarios para la producción del AMD. Cuando dichos costes se expresan de forma específica (€/m³ de AMD producida), ambos pueden considerarse dinámicos. Así los costes del capital dependen del nivel de producción y de la vida útil que se considere para la instalación; magnitudes que pueden variar por cuestiones técnicas o estratégicas. Igualmente, los costes de operación y mantenimiento dependen principalmente del coste eléctrico, que representa cerca del 65% de los mismos y presentan gran variabilidad temporal. Este dinamismo justifica la gran variabilidad de costes del AMD que se pueden encontrar en la literatura, por lo que aquí se consideran los publicados por Lapuente (2012) y los proporcionados por ACUAMED en 2017 para uso agrícola (ACUAMED, 2017).

Según Lapuente (2012), los costes del capital varían entre 0,216 €/m³ y 0,262 €/m³, mientras que los costes de operación y mantenimiento lo hacen entre 0,424 €/m³ y 0,443 €/m³, resultando unos costes totales de producción entre 0,658 €/m³ y 0,690 €/m³. Estos valores son bastante parecidos a los publicados para las plantas desalinizadoras israelitas (0,50 – 0,66 €/m³); valores adaptados de Spiritos y Lipchin (2013).

Sin embargo, según se observa en la Fig. 4, los valores de coste total de ACUAMED (2017) son sensiblemente inferiores a los de Lapuente (2012). Esta diferencia se debe principalmente a dos motivos: (1) los costes del capital para uso agrario se calculan considerando una vida útil de 50 años, mientras que Lapuente considera sólo 25 años, resultando en una disminución próxima al 50%; y (2) tanto el consumo energético específico como el coste de suministro eléctrico ha evolucionado favorablemente en el último lustro, resultando en un abaratamiento del coste eléctrico y, por tanto, de los costes de operación y mantenimiento.

Además de los costes ya mencionados, el coste final del suministro agrícola debe añadir: (1) el transporte desde la planta desalinizadora hasta la zona regable, muy variable para cada caso particular, pero que se encuentra habitualmente entre los 0,04 y 0,06 €/m³; y (2) la distribución en el seno de cada comunidad de regantes, que representa generalmente entre 0,03 y 0,06 €/m³. Teniendo estos costes adicionales en cuenta, podemos representar dos esquemas paralelos (Fig. 4) con la estructura de costes del suministro de agua de riego en el sureste español, el primero atendiendo a los costes estimados por Lapuente (2012), que resulta en un coste final en parcela de 0,69-0,75 €/m³; y el segundo atendiendo a los costes de ACUAMED (2017), que resulta en uno un coste final en parcela de 0,55-0,65 €/m³. Estos costes se encuentran muy por encima de los correspondientes a otras fuentes de suministro de agua al regadío en el sureste español (Martínez-Alvarez et al., 2016).

Respecto a los precios de venta del AMD en cada IDAM, se recogen en la Tabla 4, junto a otras cargas que dan lugar al precio final que paga el agricultor. Se observa que el precio del AMD presenta mayor variabilidad (0,42 €/m³ + IVA a 0,57 €/m³ + IVA) y se sitúan próximos a los valores del coste total de producción proporcionado por ACUAMED (2017).

Esta gran variabilidad se debe a que en algunos casos se trata del precio en planta (Águilas), mientras que en otros incluye el transporte hasta la zona regable (Valdelentisco). Además, los contratos que regulan los suministros desde cada planta desalinizadora se establecieron en momentos diferentes, por lo que la variabilidad de los costes de producción anteriormente mencionada también se puede ver reflejada en los precios contractuales. Finalmente, hay que destacar que como consecuencia de la situación especial de sequía durante los años 2016 y 2017, el Gobierno aprobó una subvención directa de 0,2 €/m³ para 30 hm³ suministrados desde la planta de Torrevieja y de 0,1 €/m³ para 20 hm³ suministrados desde la planta de Valdelentisco.

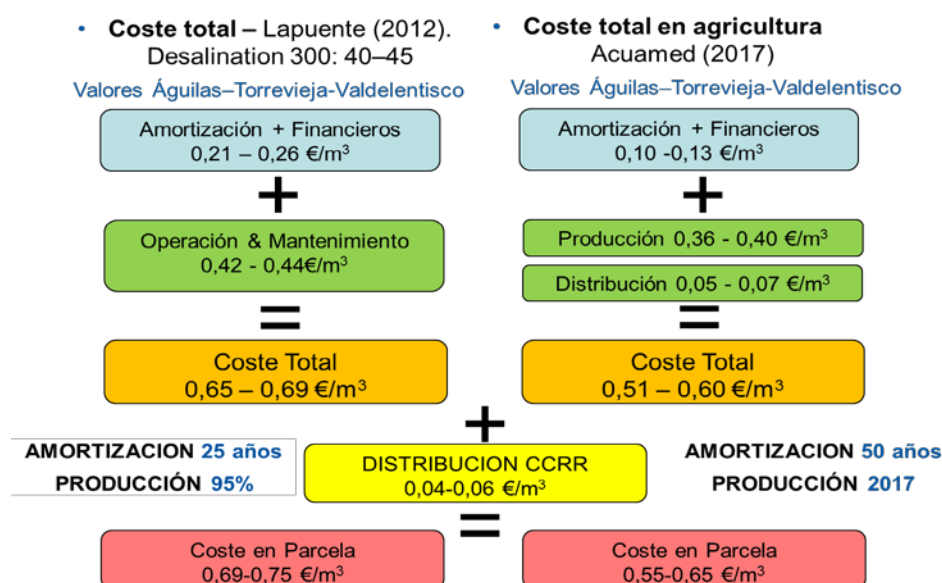


Figura 4. Estructura de costes del suministro de AMD en parcela utilizando los datos de (1) Lapuente (2012) y (2) ACUAMED (2017).

Tabla 4. Precio del AMD en las IDAMs que suministra al regadío del sureste español.

IDAM	Precio (€/m ³)	Observaciones
Valdelentisco	0,57 + IVA = 0,627	Incluye transporte y distribución hasta hidrante colectivo
Águilas-Guadalentín	0,30 a 0,50 + IVA	Valor medio de los contratos 0,42€/m ³ . No incluye transporte ni distribución
Torrevieja	0,485 + IVA = 0,534	Se añade tarifa postrasvase (0,023€/m ³). No incluye distribución en la Com. de Regantes.
Escombreras	0,5 + IVA = 0,550	Se añade tarifa postrasvase (0,023€/m ³). No incluye distribución en la Com. de Regantes.
Virgen del Milagro	0,480	Incluye distribución a hidrante en parcela
CR Águilas	0,420	Se mezcla con salobre y distribuye a hidrante en parcela
CR La Marina	0,780	Incluye distribución a hidrante en parcela. Se mezcla con salobre hasta 0,47€/m ³ .
Carboneras	0,485 + IVA = 0,534	Incluye transporte y distribución hasta hidrante colectivo.
Campo de Dalias	0,5 + IVA = 0,550	Incluye transporte. No incluye distribución en la Com. de Regantes.

6- Conclusiones

El suministro masivo de Agua Marina Desalinizada (AMD) a la agricultura ya es una realidad en el sureste español. Su condición de recurso hídrico inagotable y no sujeto a variaciones climáticas se adecúa estratégicamente para aumentar la disponibilidad de recursos hídricos para riego en las regiones costeras con déficit hídrico. Actualmente, abastecen AMD al regadío del sureste español nueve instalaciones desaladoras de agua de mar de propiedad estatal o privada, localizadas en las provincias de Alicante, Murcia y Almería; además otras dos planificadas para uso agrícola no se encuentran operativas por distintos motivos técnicos o administrativos. En la Demarcación Hidrográfica del Segura se suministraron 148 hm³ para riego en 2017, mientras que en la de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas fueron 29 hm³. El consumo de energía específica (kWh/m³) de las plantas desalinizadoras analizadas varía entre 2,77 y 4,10 kWh/m³, a los que hay que añadir entre 0,50 y 1,13 kWh/m³ por el transporte hasta las zonas regables. Los costes finales del AMD para riego, incluyendo producción, transporte y distribución, actualmente se encuentran entre 0,55 y 0,65 €/m³, intervalo en el que también se suelen encontrar los precios finales de venta a los agricultores.

7.- Agradecimientos

Trabajo financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional a través del proyecto RIDESOST (AGL2017-85857-C2-2-R), y por el Programa LIFE de la Unión Europea a través del proyecto DESEACROP (LIFE16-ENV_ES_000341).

8- Referencias

- ACUAMED. (2016). Producción y uso de aguas desaladas para regadío. Jornada sobre la gestión del regadío en situación de escasez. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, San Fernando de Henares, 2016.
- ACUAMED. (2017). El uso del agua marina desalinizada en la agricultura de regadío. I Jornada Cátedra Trasvase y Sostenibilidad – Jose Manuel Claver Valderas. Medidas complementarias para mitigar la escasez estructural de agua en el regadío del sureste español. Cartagena 2017.
- AL-KARAGHOULI, A., KAZMERSKI, LL. (2013). Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes. *Renew Sustain Energy Rev* 24: 343–56.
- BURN, S., HOANG, M., ZARZO, D., OLEWNIK, F., CAMPOS, E., BOLTO, B. (2015). Desalination techniques—a review of the opportunities for desalination in agriculture. *Desalination* 364: 2–16.
- CHS (2015). Memoria del Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/2021. Confederación Hidrográfica del Segura.
- CHS (2018). Documentos iniciales del tercer ciclo de planificación hidrológica (2021-2027) – MEMORIA. Confederación Hidrográfica del Segura.
- DHCMA (2015). Memoria del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Andaluzas 2015/2021.
- ELIMELECH, M., PHILLIP, W.A. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. *Science* 333: 712–7.
- FAO (2009). Global agriculture towards 2050, En: Paper presented to high-level expert forum on “How to feed the world in 2050”, FAO, Rome.

LAPUENTE, E. 2012. Full cost in desalination. A case study of the Segura River Basin, Desalination 300: 40-45

MAGRAMA (2015). Sistema español de gestión del agua. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, V., MARTIN-GORRIZ, B., SOTO-GARCÍA, M. 2016. Seawater desalination for crop irrigation — A review of current experiences and revealed key issues. Desalination 381: 58–70.

MARTÍNEZ-ALVAREZ, V., GONZÁLEZ-ORTEGA, M.J., MARTIN-GORRIZ, B., SOTO-GARCÍA, B., MAESTRE-VALERO, J.F. 2017. The use of desalinated seawater for crop irrigation in the Segura River Basin (south-eastern Spain). Desalination 422: 153–164.

MARTIN-GORRIZ, B., SOTO-GARCIA, M., MARTINEZ-ALVAREZ, V. (2014). Energy and greenhouse-gas emissions in irrigated agriculture of SE (southeast) Spain. Effects of alternative water supply scenarios. Energy 77: 478–88.

SPIRITOS, E., LIPCHIN, C. (2013). Desalination in Israel. In: Water Policy in Israel: Context, Issues and Options, Springer Publishing, Dordrecht, Netherlands.

SOTO-GARCÍA, M., MARTIN-GORRIZ, B., GARCÍA-BASTIDA, P.A., ALCÓN, F., MARTINEZ-ALVAREZ, V. (2013). Energy consumption for crop irrigation in a semiarid climate (south-eastern Spain). Energy 55: 1084–93.